

Quelles pratiques agricoles pour protéger la qualité des eaux de surface et souterraines ? **L'apport de la modélisation hydrologique**

Dr. Catherine Sohier
Dr. Aurore Degré

Le cycle de l'eau

Le cycle de l'azote

Les rôles de l'agronomie

LA QUALITÉ DE L'EAU

Les rôles du sol et du sous-sol dans les cycles de l'eau et de l'azote



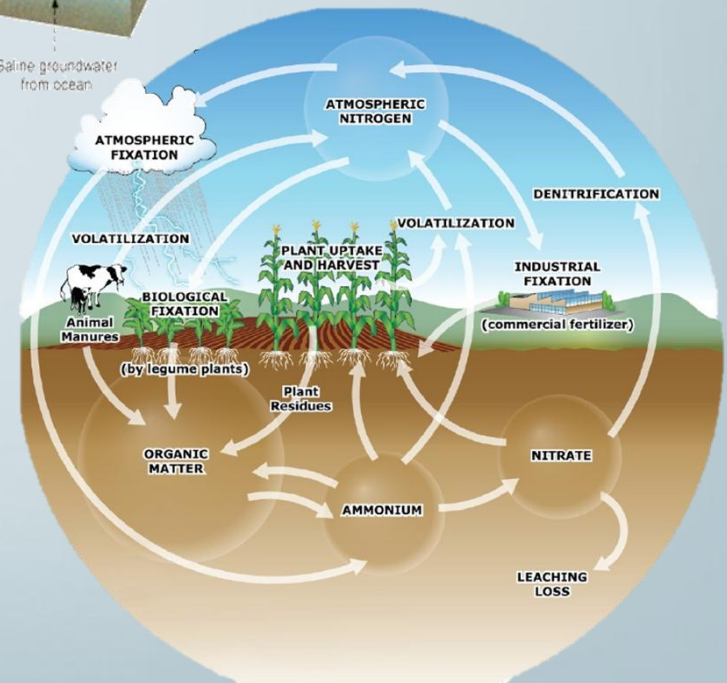
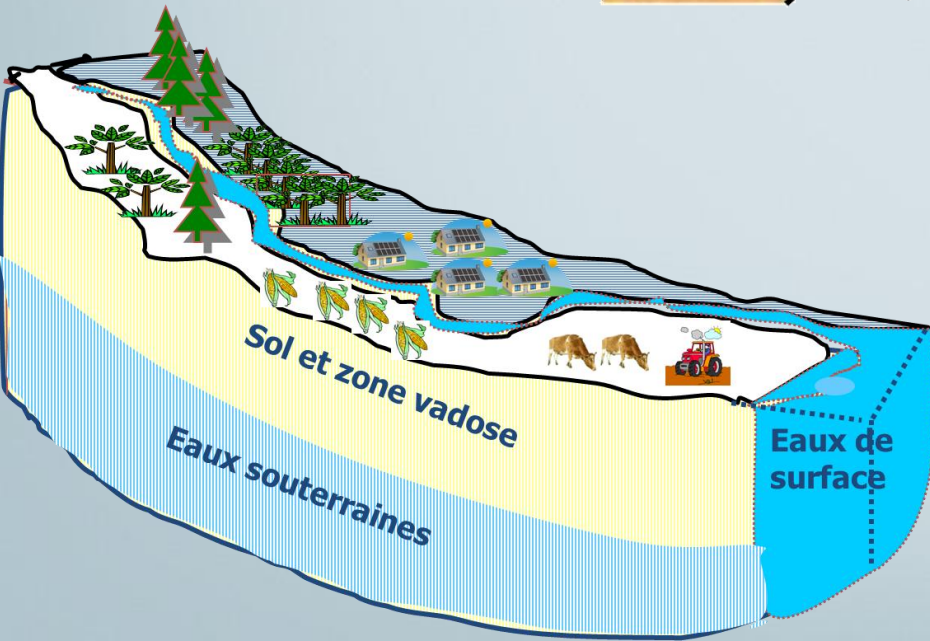
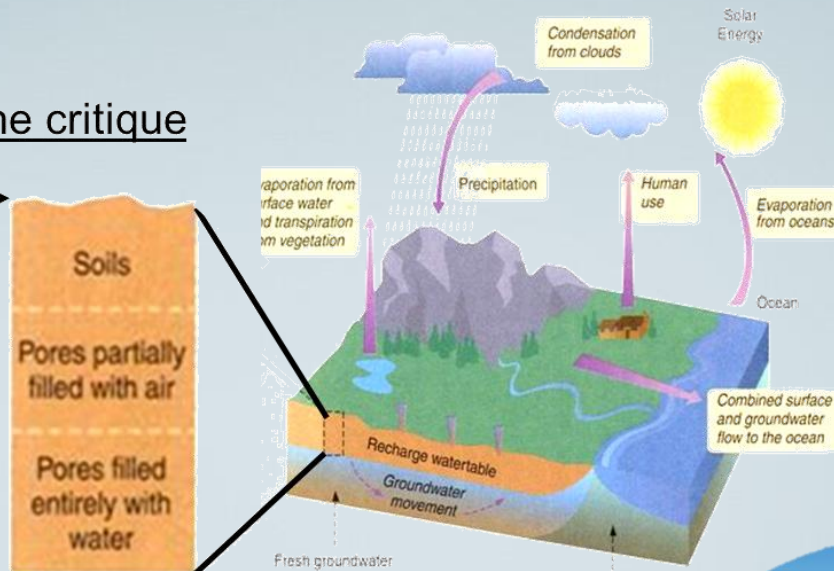
La zone critique

Surface du sol →

Sol

Zone vadose

Frange capillaire



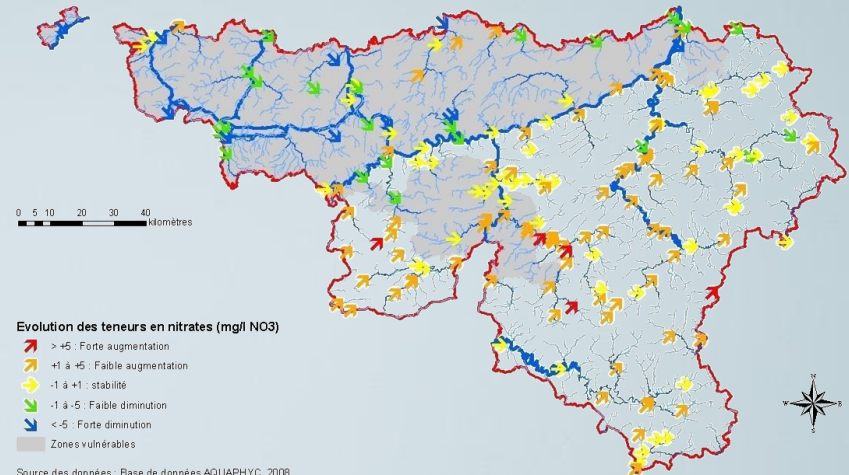
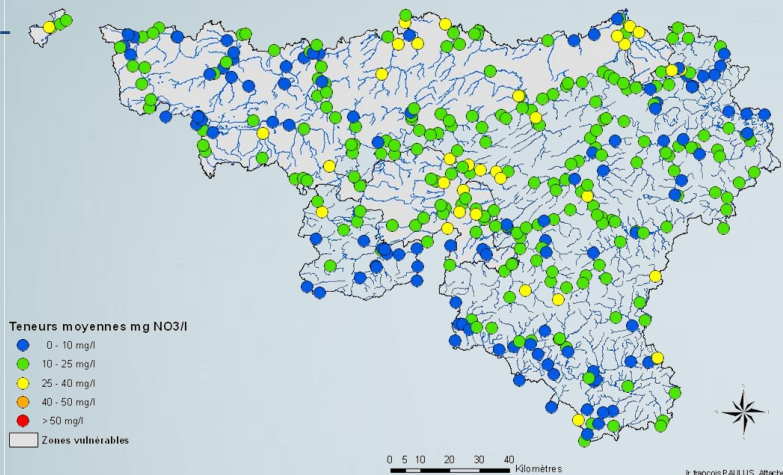
La qualité des eaux en Région wallonne



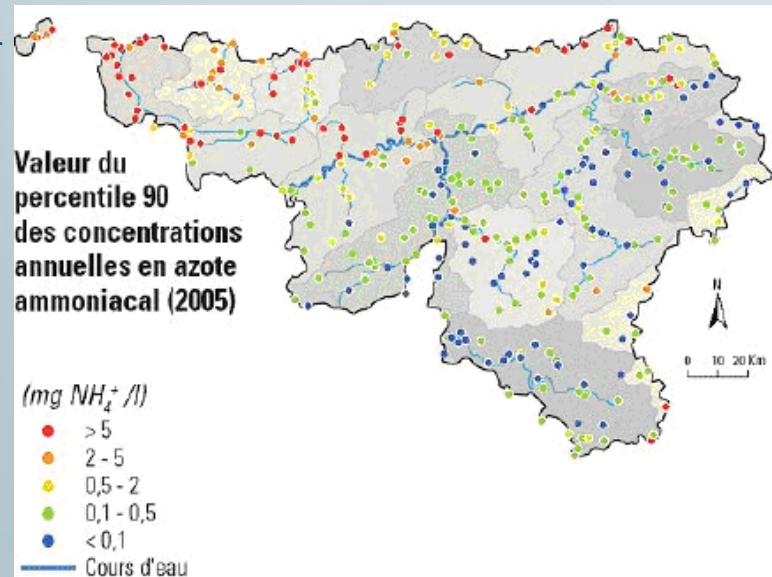
Eaux de surface

Évolution entre 2001 et 2005

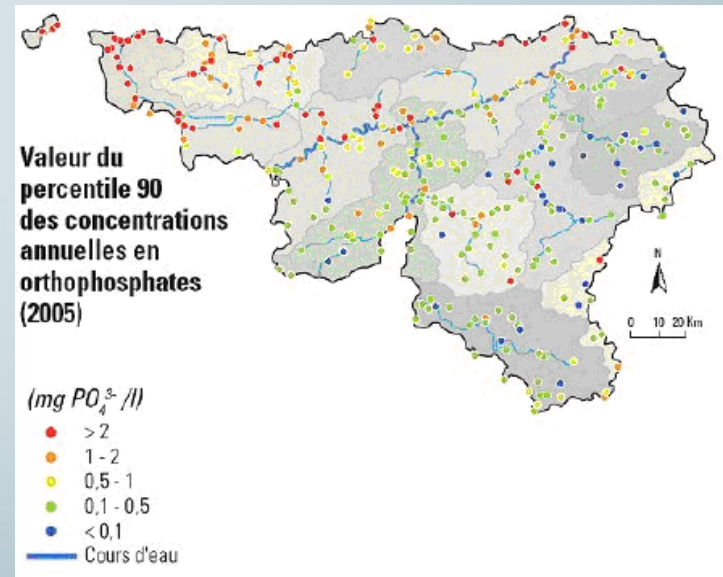
NO_3^-



NH_4^+



PO_4^{3-}



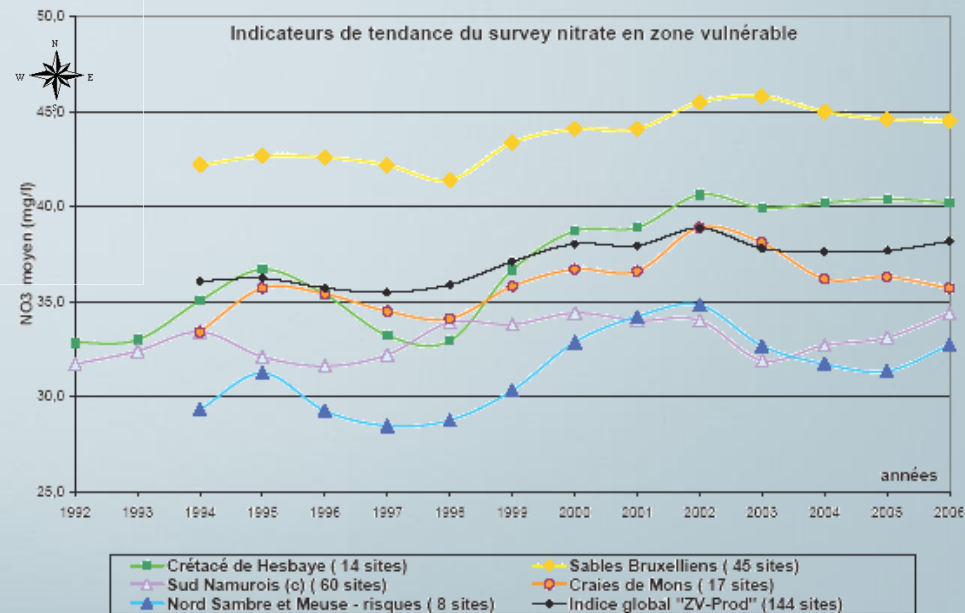
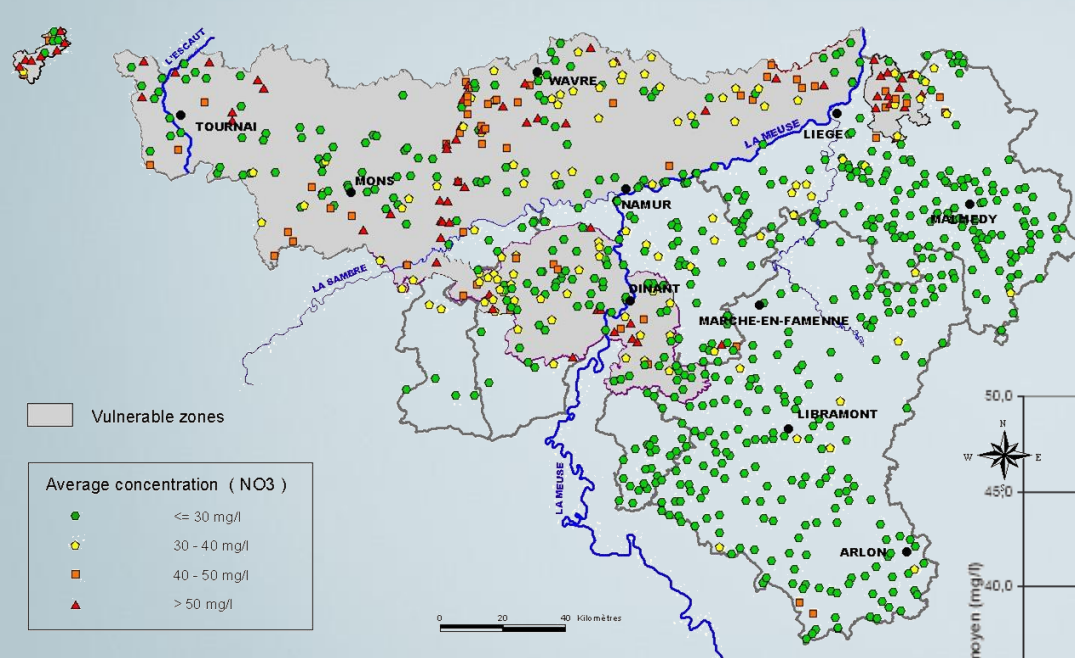
Source :
TBE 2006-2007

La qualité des eaux en Région wallonne



Eaux souterraines

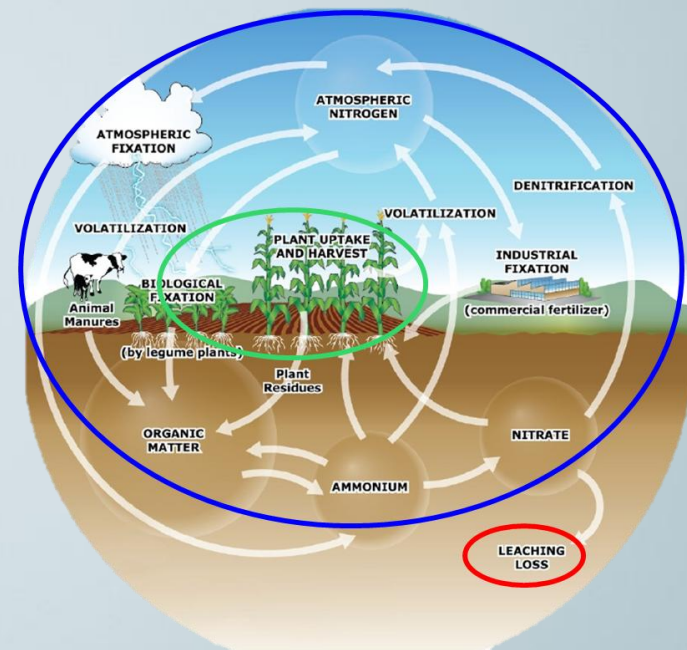
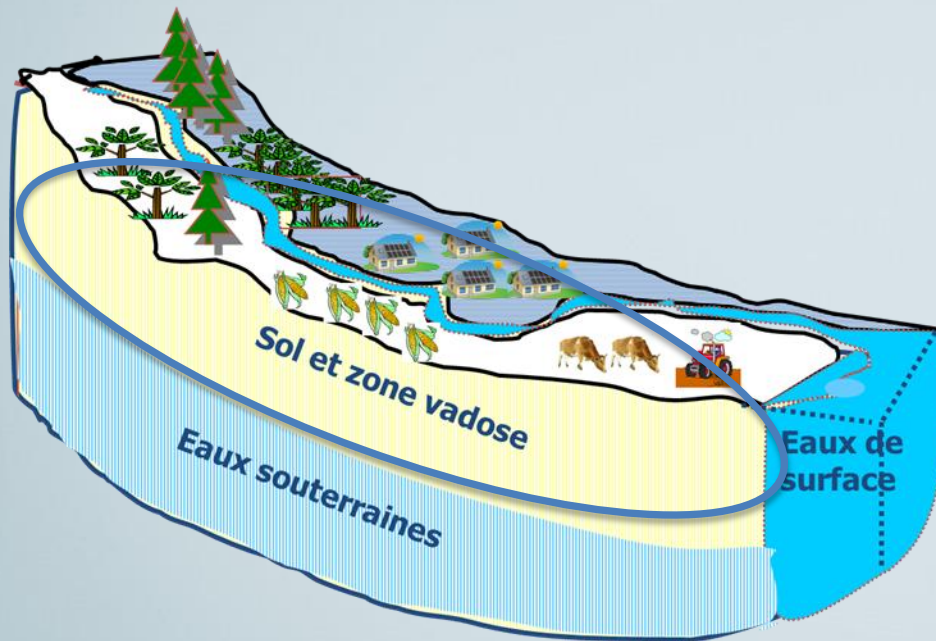
NO_3^-



Le modèle EPICgrid



Le modèle EPICgrid (Ulg – Gembloux Agro-Bio Tech) est un modèle hydrologique sol et zone vadose incluant les cycles des éléments (N,P) visant à représenter les flux diffus vers les eaux de surface et souterraines.



Objectifs du projet QualVados (SPGE – SPW) :

Simulation de l'impact des mesures prises pour réduire les incidences de la pollution diffuse d'origine agricole sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines



Amélioration de la qualité de l'eau...

QUELS SONT LES LEVIERS AGRONOMIQUES?

Enjeux



- diminuer l'arrivée de l'azote vers les eaux souterraines et vers les eaux de surface

Pistes de solutions

- Gestion des intrants
 - Azote minéral
 - Azote organique
 - Quantités totales
 - Dates et conditions d'apport
- Cultures piège à nitrate
 - Type de CIPAN
 - Date d'implantation
- Choix des cultures
 - Type de rotation
 - Reliquat produit

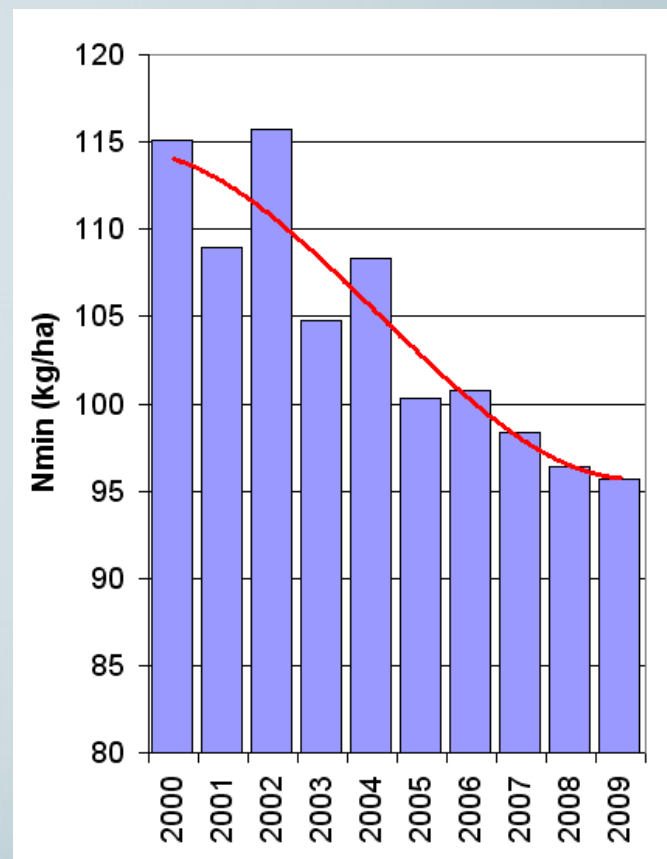
Leviers agronomiques



➤ Intrants



Diminution des apports et
fractionnement en fonction des
besoins des cultures



Leviers agronomiques



➤ Introduction d'une interculture



Terres nues
en hiver
avant culture
de printemps

Recyclage de
l'azote au sein du
profil racinaire

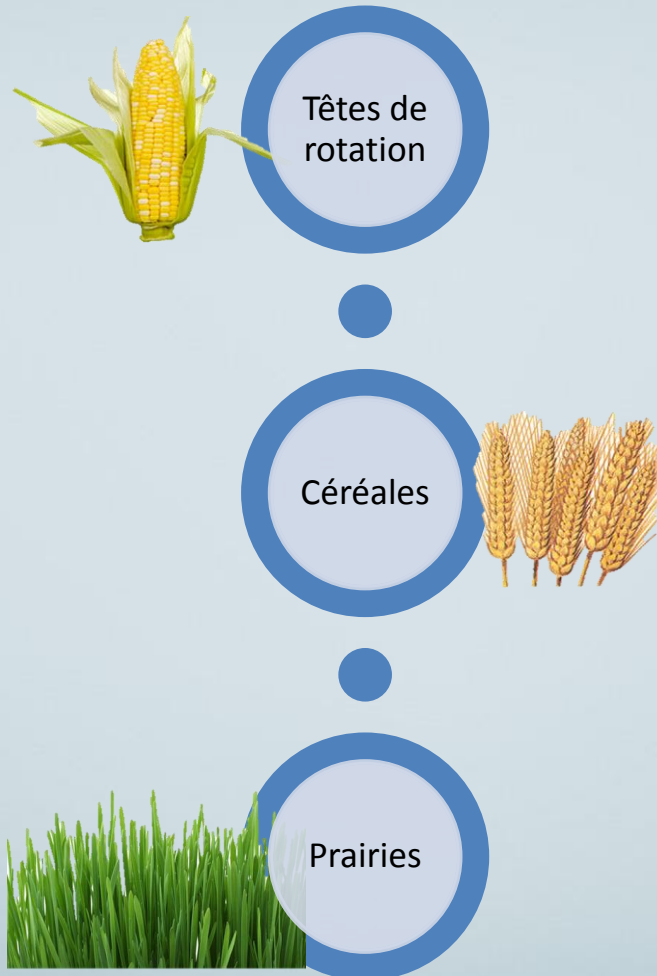
Introduction
des CIPAN



Leviers agronomiques



➤ Modification des successions culturales





L'apport d'un modèle hydrologique régional

QUANTIFIER L'EFFET DE CES DIFFÉRENTS LEVIERS

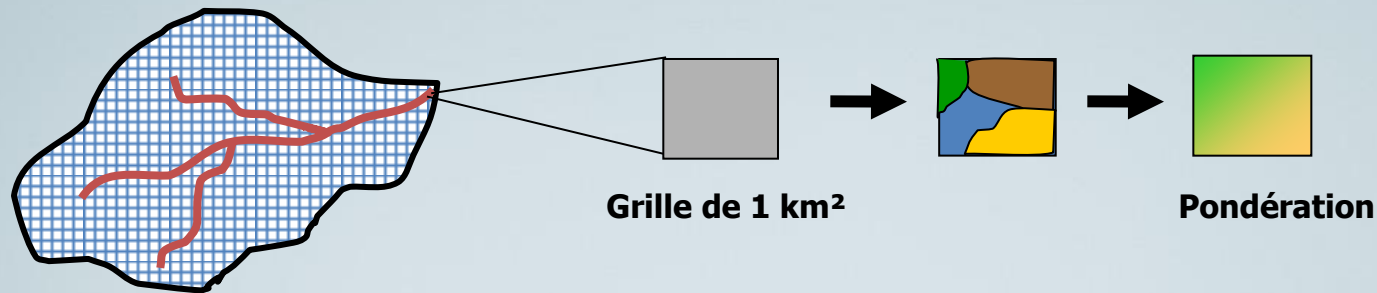
PRENDRE EN COMPTE LE CONTEXTE AGROPÉDOLOGIQUE

PRENDRE EN COMPTE LA VARIABILITÉ DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PRATIQUES

Le modèle EPICgrid



Echelle spatiale : la Région wallonne



EPICgrid : unités spatiales flexibles : bassins versants DCE, masses d'eau souterraine, masses d'eau de surface, ...

Processus pris en compte par le modèle

- l'hydrologie du bassin versant
- les transferts d'eau et de solutés jusqu'aux eaux de surface et souterraines
- les écoulements hypodermiques
- le cycle des nutriments et la gestion des pratiques agricoles

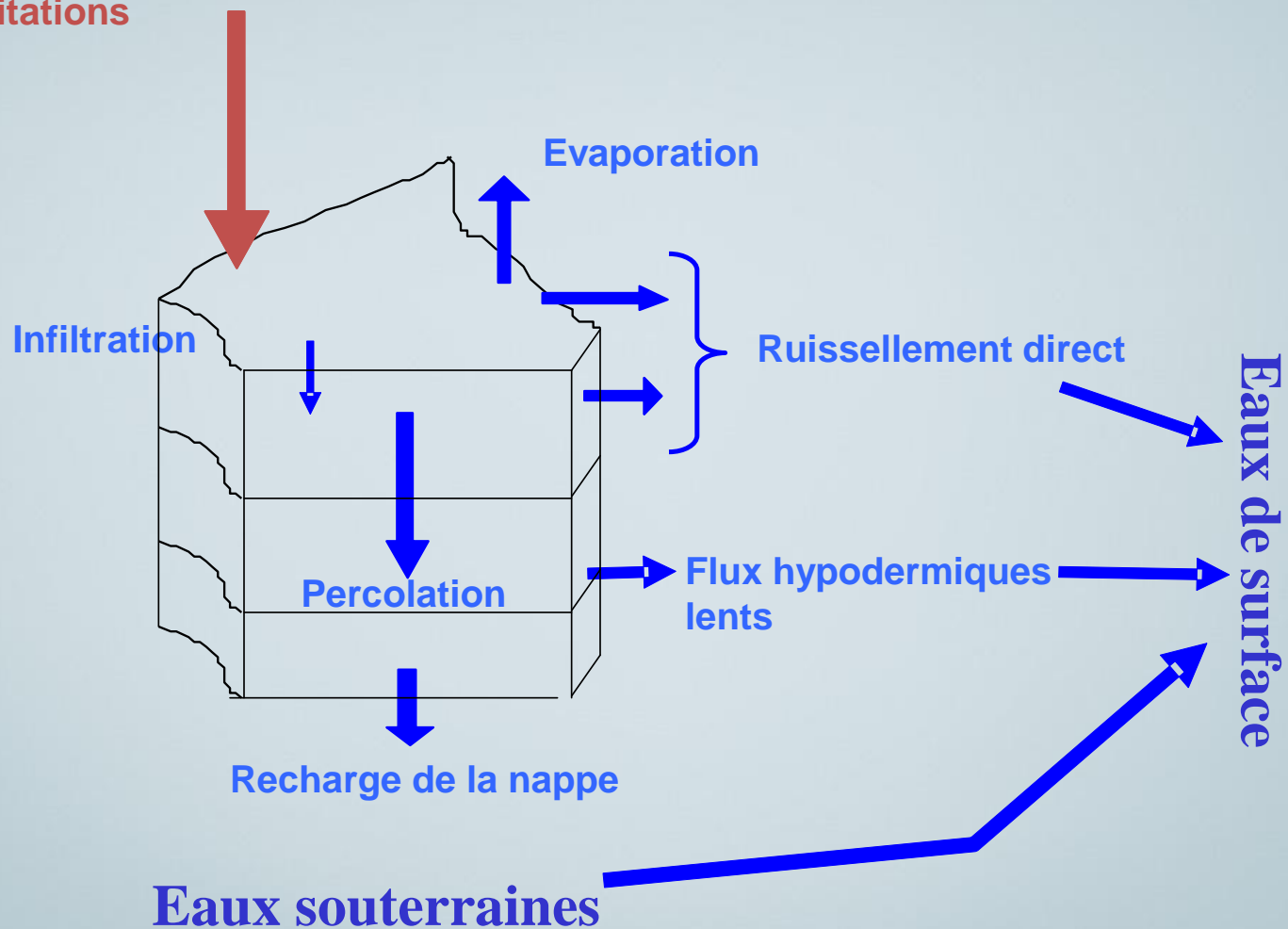
Éléments suivis

- azote, phosphore, MO et sédiments

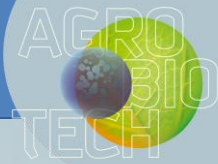
Le modèle EPICgrid



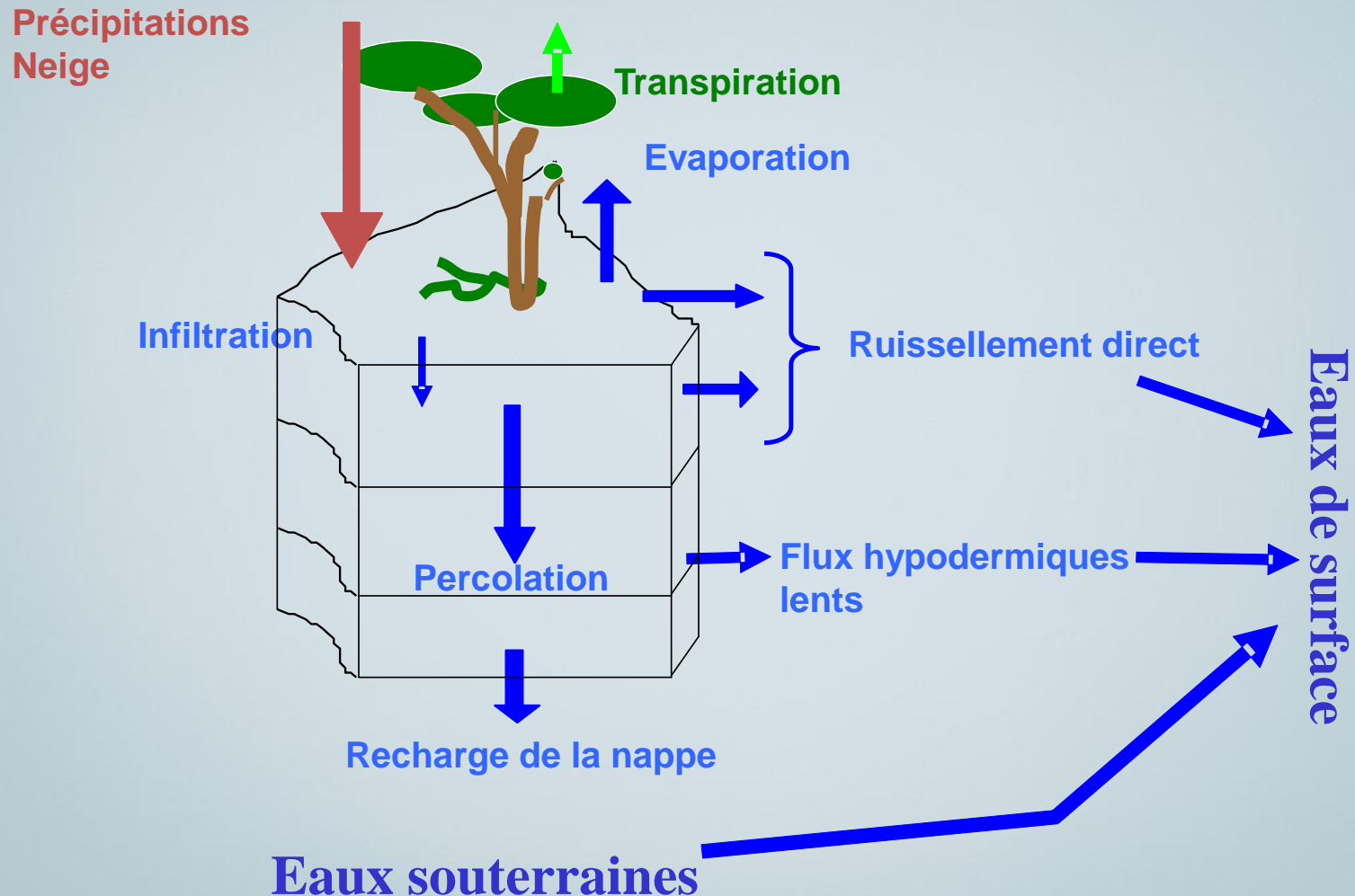
Précipitations
Neige



Le modèle EPICgrid



+ Croissance végétale

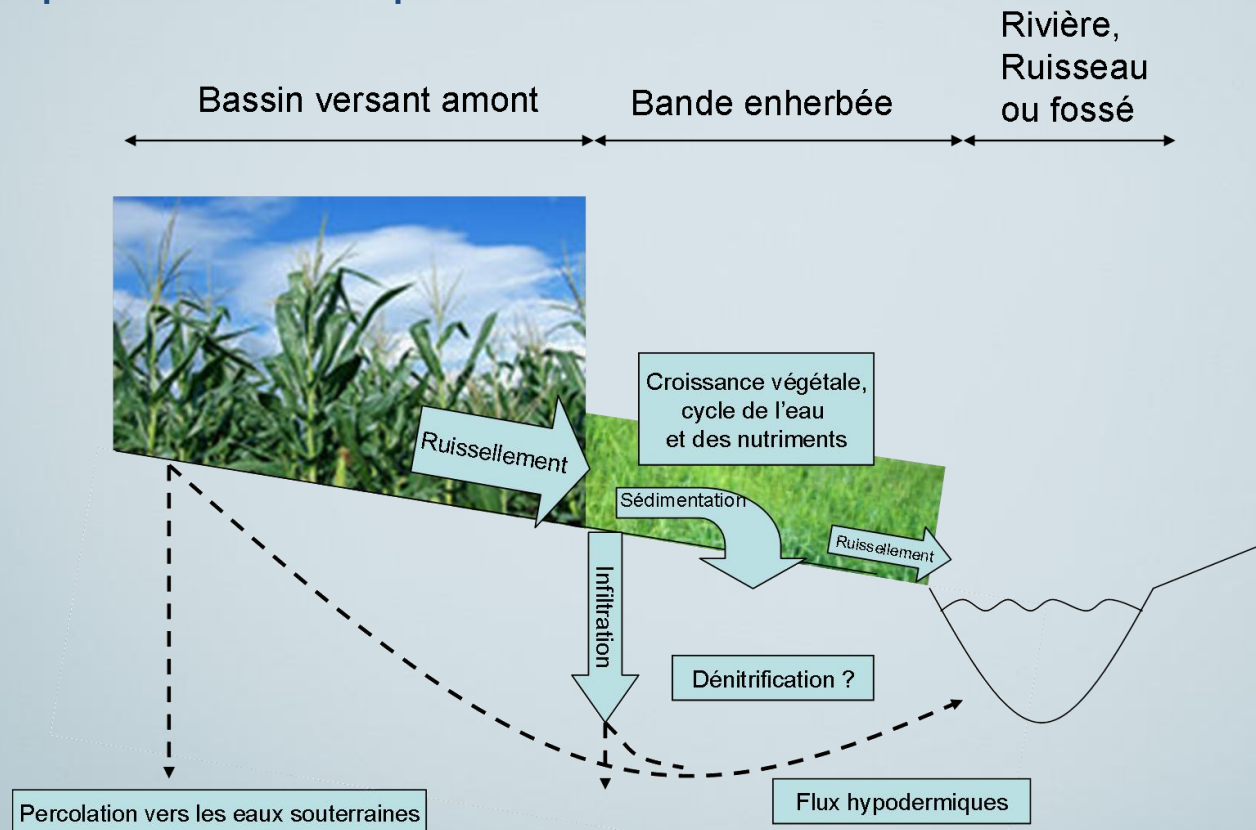


Le modèle EPICgrid



Modules complémentaires

- Un module « **Bandes enherbées** » : évaluation de l'impact de ces dispositifs sur les pertes vers les eaux de surface

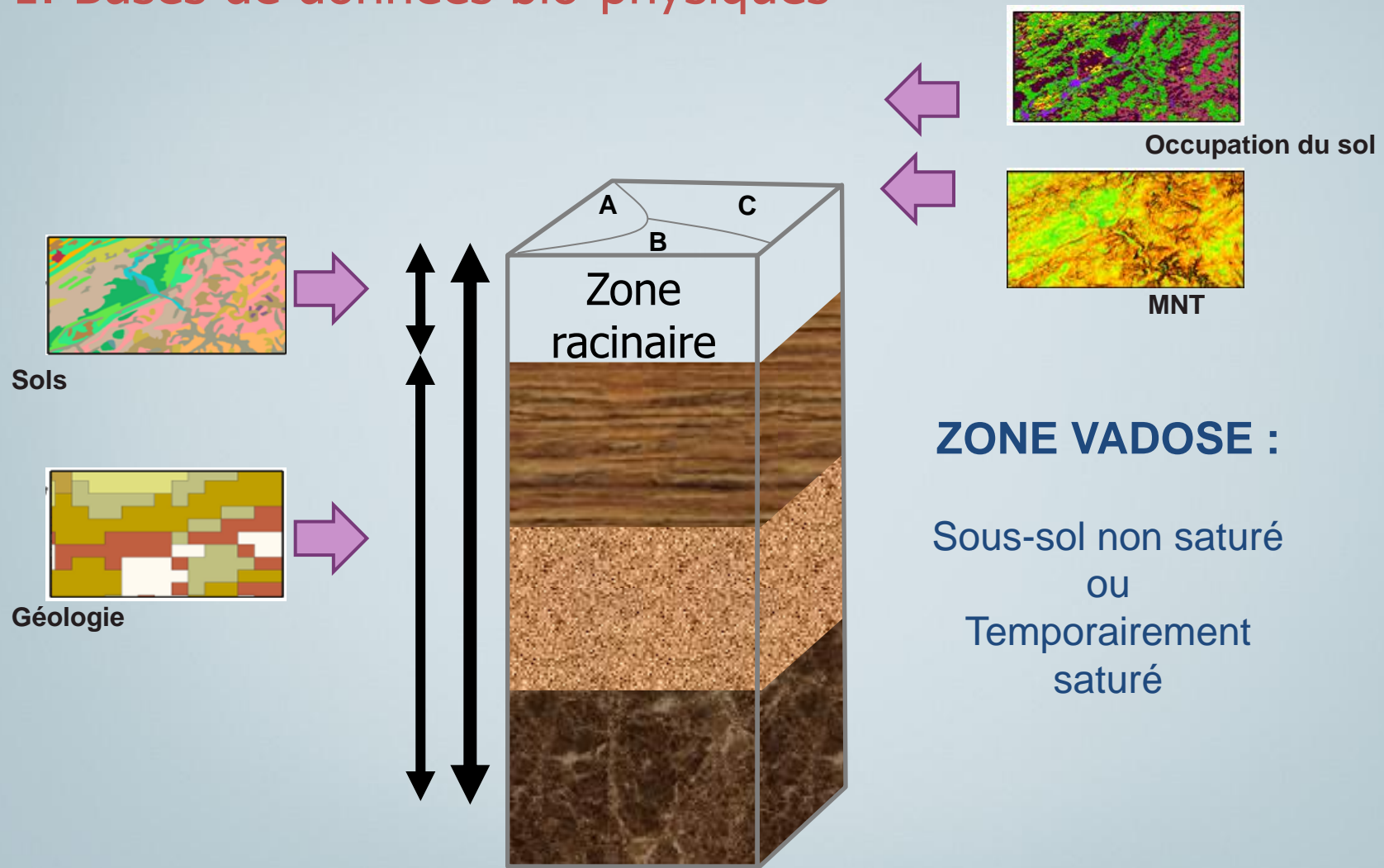


- Un module « **Rendement en sédiments** » : estimation de la quantité de sédiments arrivant au cours d'eau

Le modèle EPICgrid : bases de données



1. Bases de données bio-physiques



Le modèle EPICgrid : bases de données



2. Données agronomiques

Evolution temporelle :

- types de culture
- successions culturales
- fertilisations azotées (minérales et organiques)
- apport de phosphore

- Par région agricole
- De 1960 à 2010

Sources :

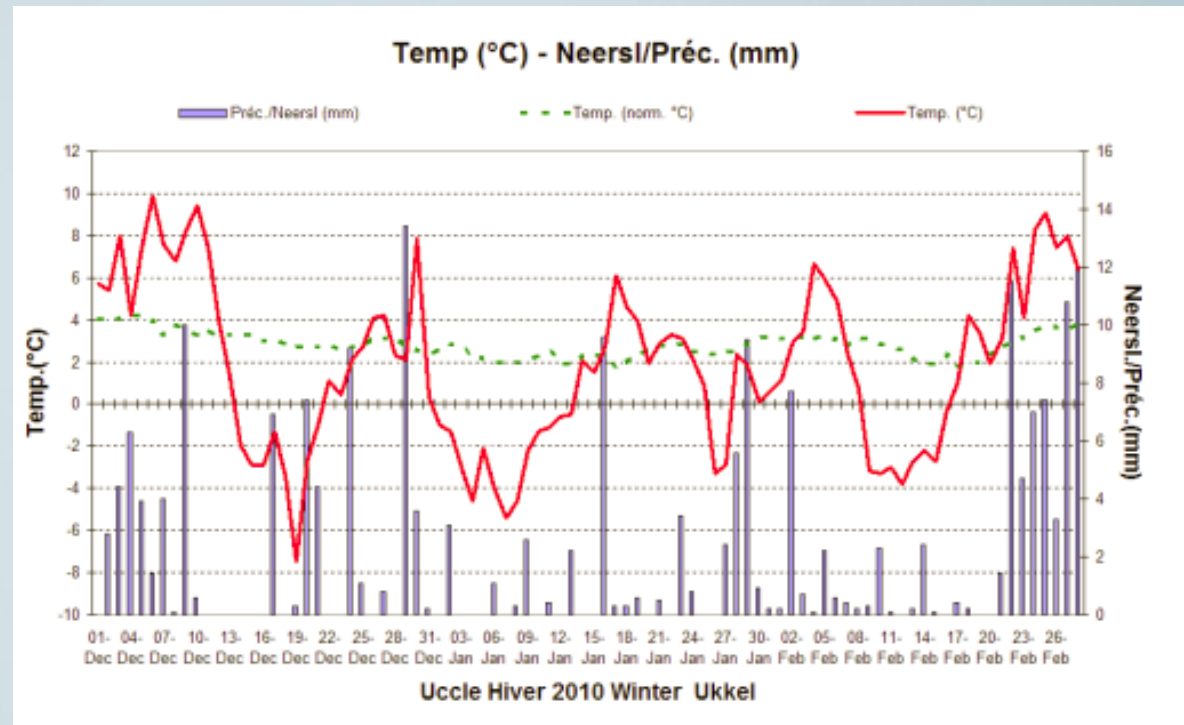
- statistiques régionales (INS, RICA, ...)

Le modèle EPICgrid : bases de données



3. Données climatiques

- Données journalières :
 - précipitation
 - températures
 - rayonnement solaire
 - vitesse du vent
 - humidité relative



➤ **Modélisation de la zone agricole en dynamique, jour après jour**

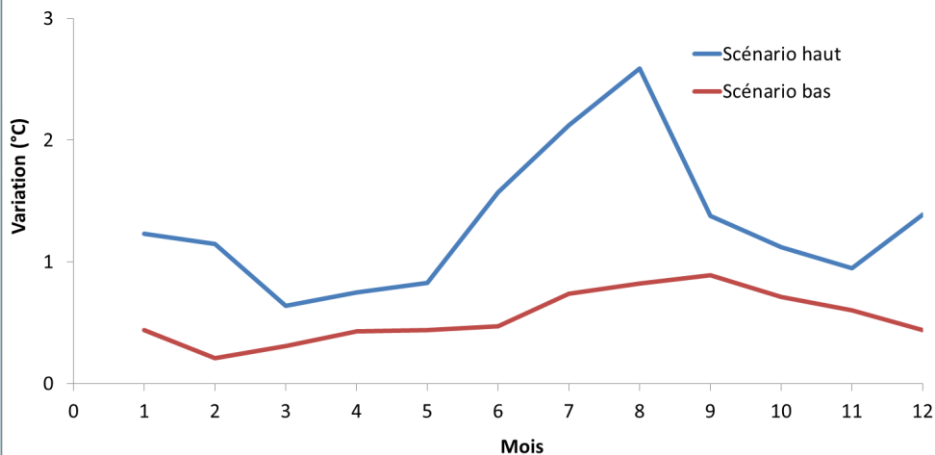
Le modèle EPICgrid : simulations prospectives



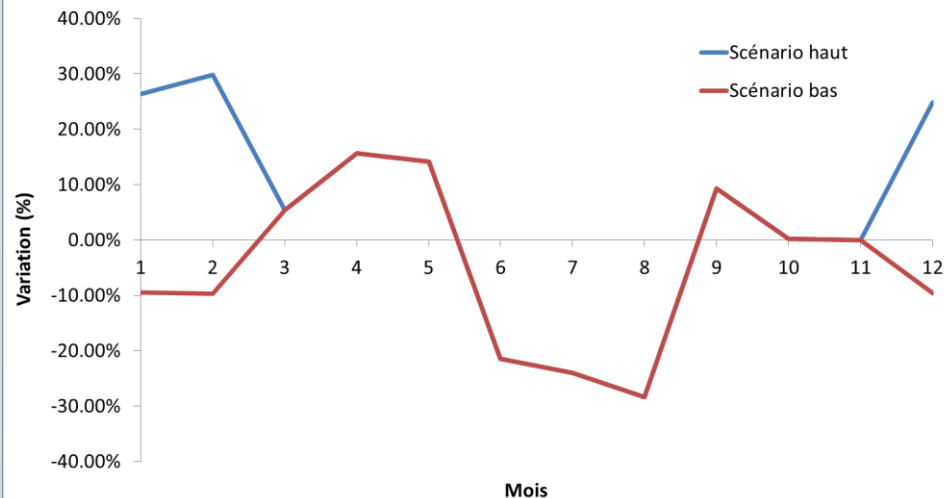
1. Hypothèses climatiques

- **Simulations prospectives (dates butoirs DCE → 2027)**
 - scénarios de changement climatique (outil CCI-HYDR (IRM et K.U. Leuven))
 - 2 scénarios « High » (étés secs et hivers humides) et « Low » (étés secs et hivers secs)

CCI-HYDR - Variation mensuelle de la température moyenne à la station de Braine-l'Alleud à l'horizon 2020



CCI-HYDR - Variation mensuelle des précipitations à la station de Braine-l'Alleud à l'horizon 2020



2. Hypothèses agronomiques et mesures

Résultats de la modélisation EPICgrid



Exemples d'utilisation de la modélisation hydrologique :

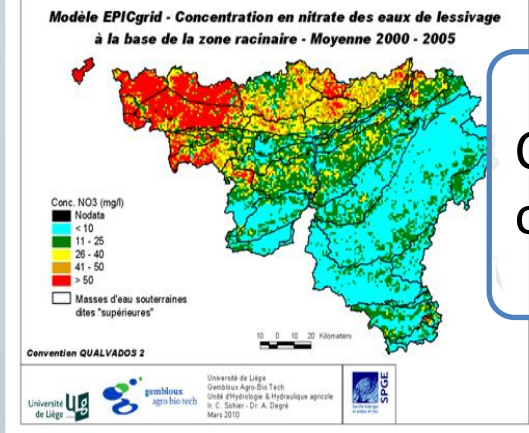
- Etablissement d'**indicateurs de l'état environnemental** des masses d'eau de surface et des masses d'eau souterraine en Wallonie
- Test de **l'effet** des **mesures** de manière indépendante dans tous les contextes agro-pédologiques.
- **Quantification d'ensemble des mesures** prises pour réduire les incidences de la pollution diffuse d'origine agricole et domestique sur la qualité des masses d'eau de surface et souterraine de la Wallonie
- Réalisation de **scénarios de gestion** poussés dans des zones stratégiques

1/ Indicateurs : concentration en NO_3 à la base de la zone racinaire



Indicateur précoce
Simulation prospective

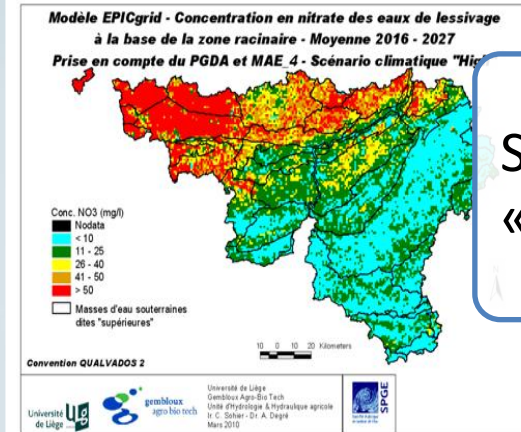
2000-2005



Climat observé

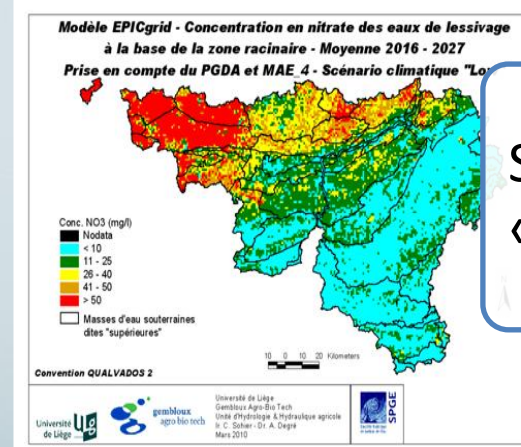
Différents scénarios climatiques sont pris en compte afin d'estimer l'incertitude liée au climat.

2016-2027



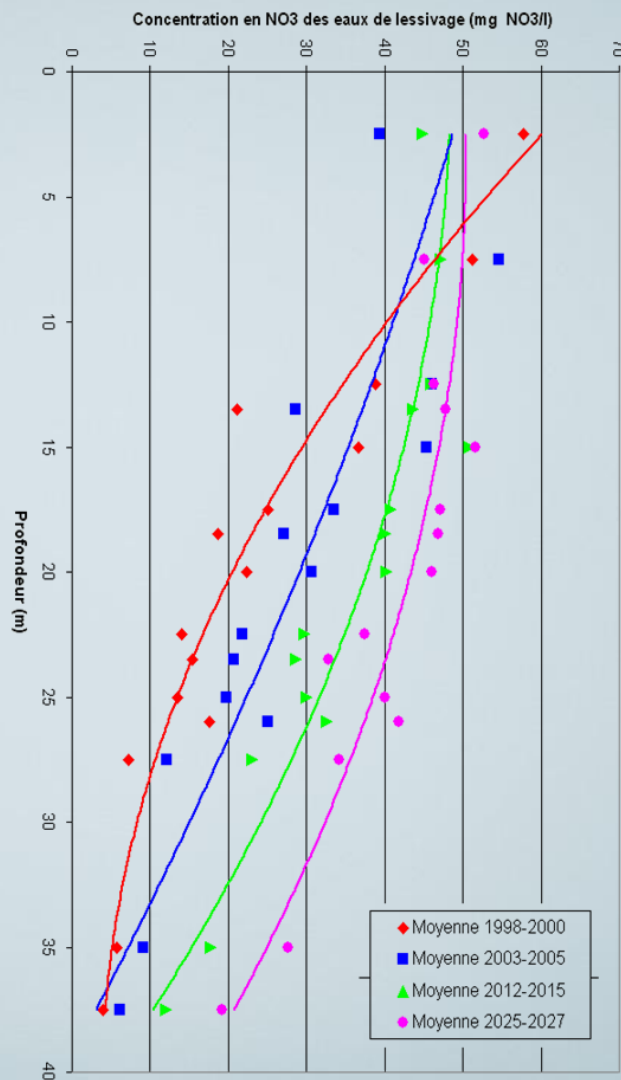
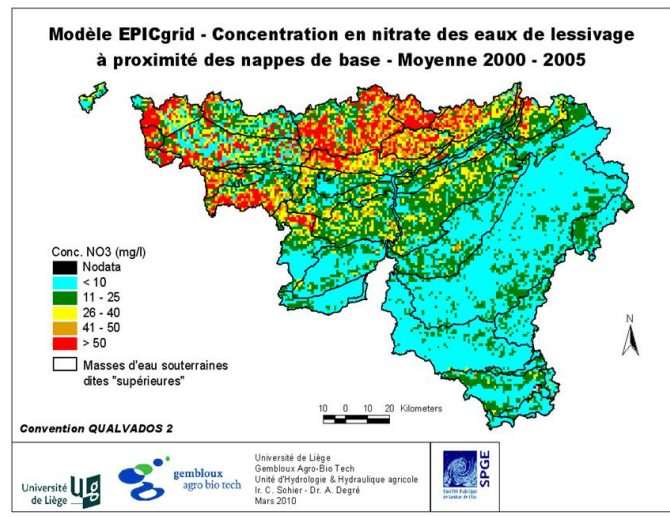
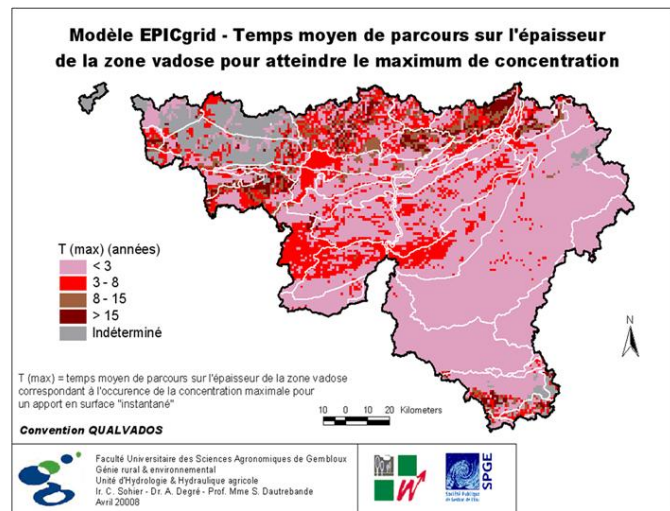
Scénario
« High »

2016-2027



Scénario
« Low »

1/ Indicateurs : concentration en NO_3 au niveau de la nappe



Exemple du crétacé de Hesbaye

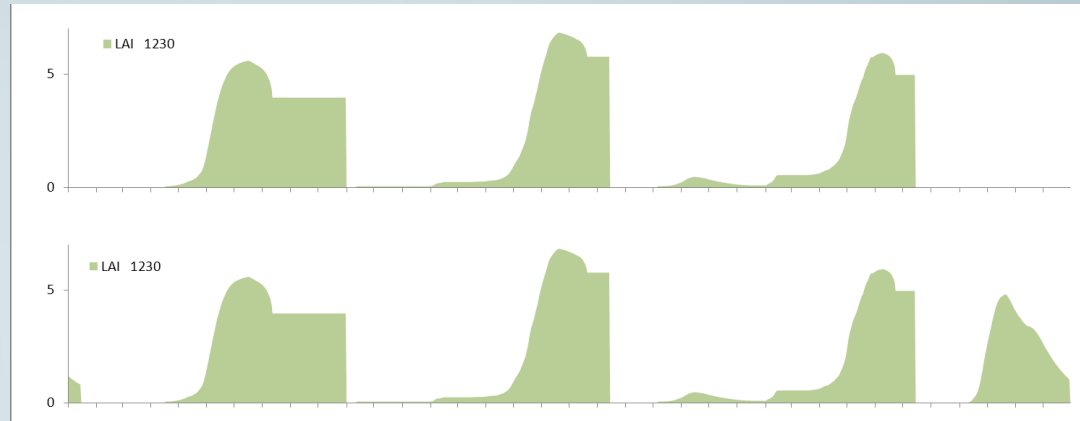
2/ Effet d'une mesure : introduction d'une interculture

Betterave – Froment - Escourgeon

LAI (Indice de surface foliaire)

Sans CIPAN

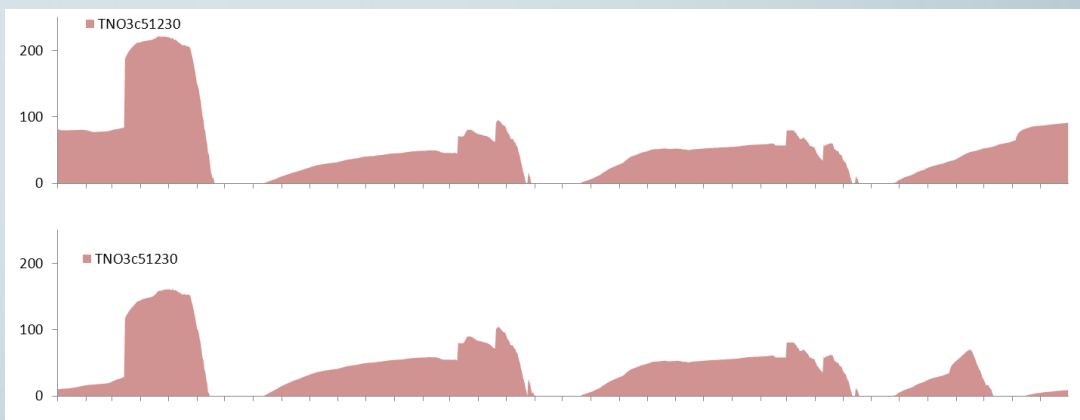
Avec CIPAN



Teneur en azote dans la zone racinaire (kg N/ha)

Sans CIPAN

Avec CIPAN



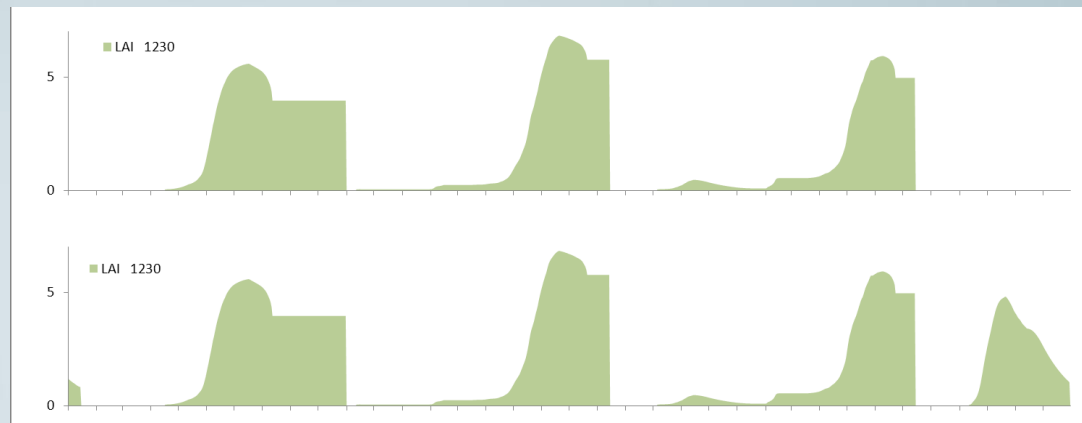
2/ Effet d'une mesure : introduction d'une interculture

Betterave – Froment - Escourgeon

LAI (Indice de surface foliaire)

Sans CIPAN

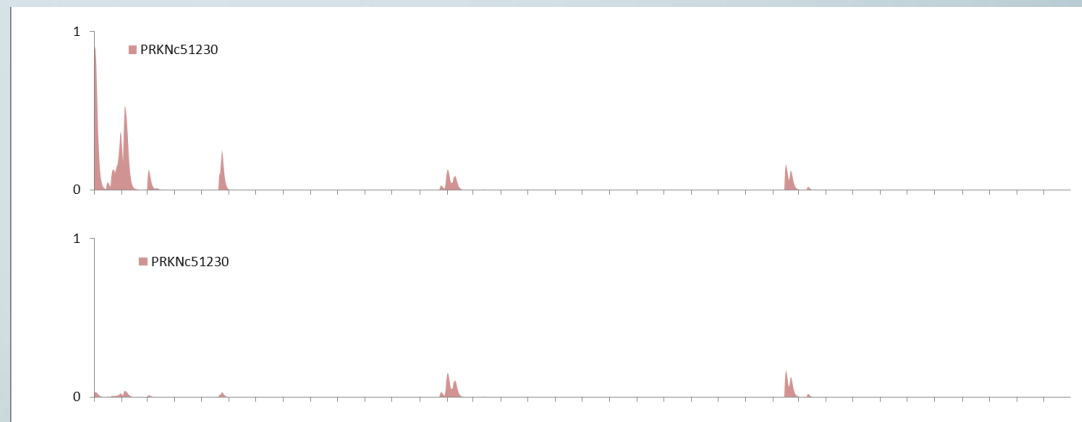
Avec CIPAN



Perte en azote à la base de la zone racinaire (kg N/ha)

Sans CIPAN

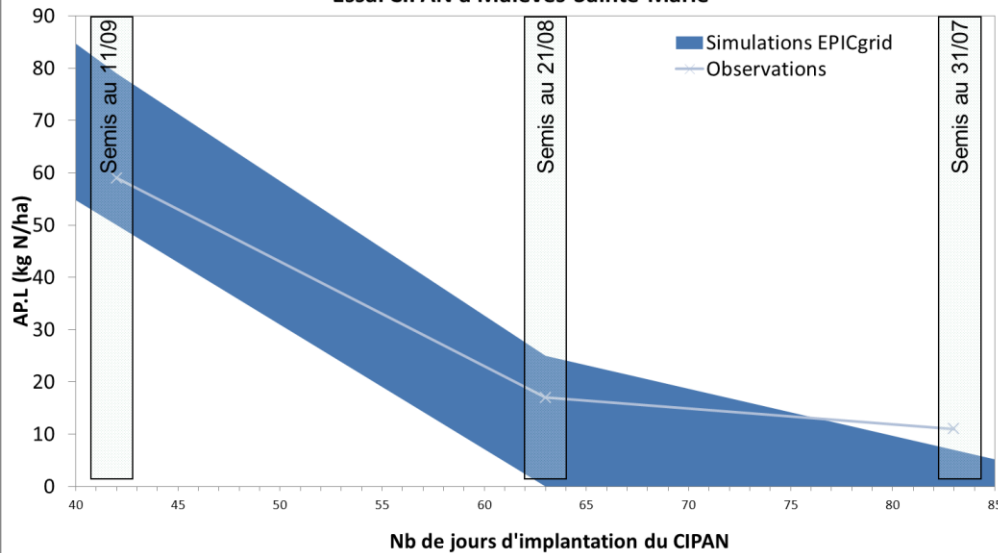
Avec CIPAN



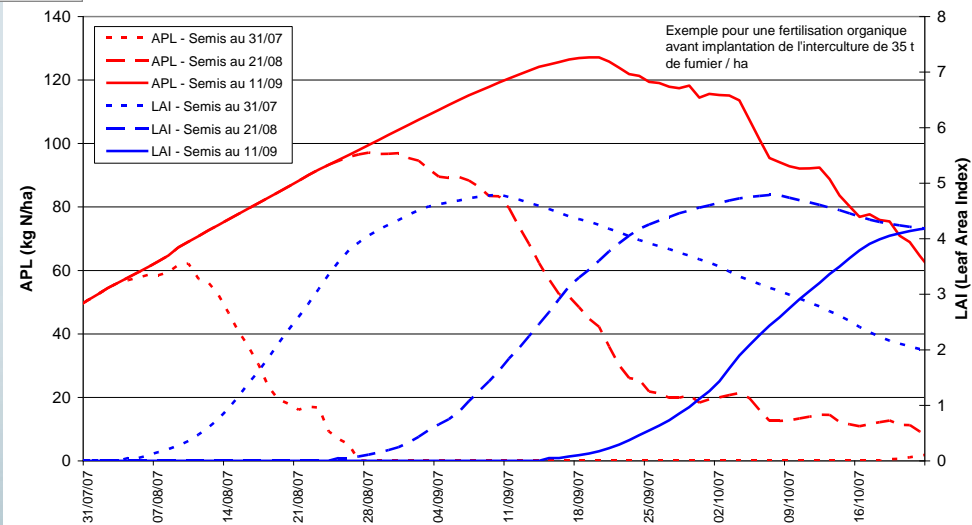
2/ Effet d'une mesure : introduction d'une interculture



Modèle EPICgrid - APL au 22/10 après Ray-grass
Essai CIPAN à Malèves-Sainte-Marie



Modèle EPICgrid - Evolution des APL et du LAI pour une interculture de Ray-grass
Essai CIPAN à Malèves-Sainte-Marie

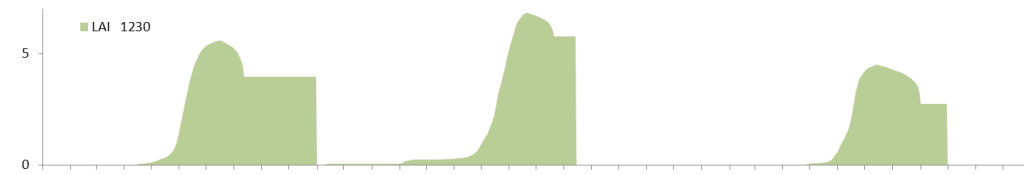


2/ Effet d'une mesure : modification des successions culturales

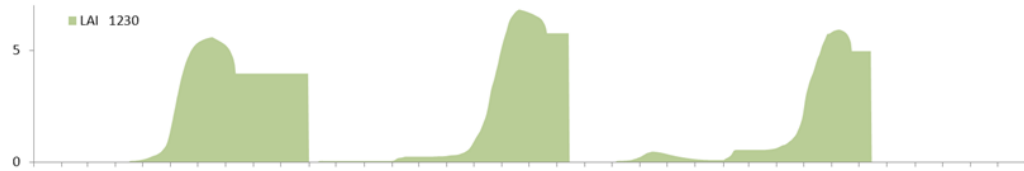


LAI
(Indice de
surface foliaire)

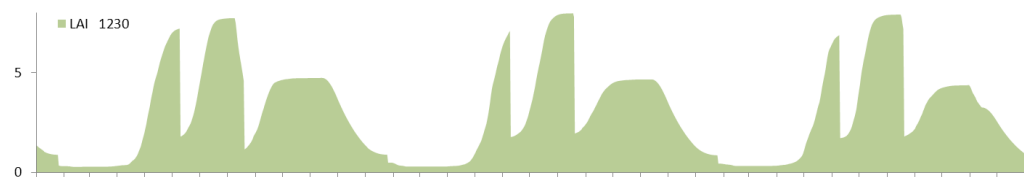
*Betterave-Froment-
Pomme de terre*



*Betterave-Froment-
Escourgeon*

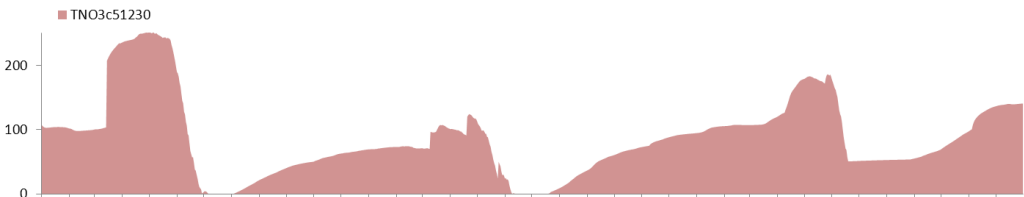


Prairie de fauche

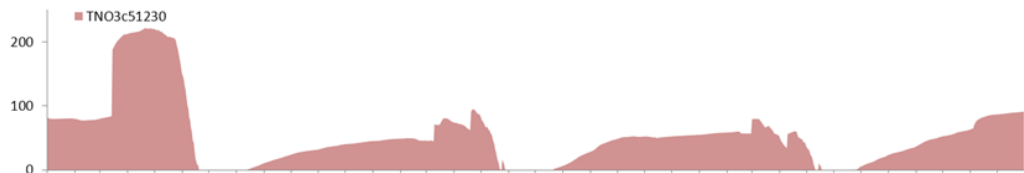


Teneur en azote
dans la zone
racinaire (kg N/ha)

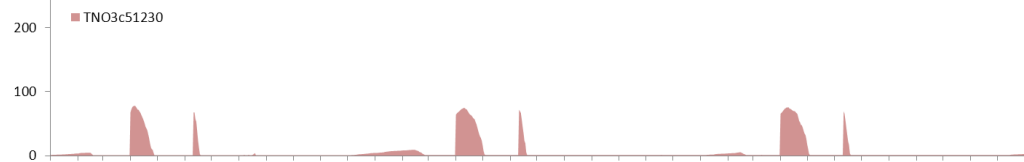
*Betterave-Froment -
Pomme de terre*



*Betterave-Froment-
Escourgeon*



Prairie de fauche

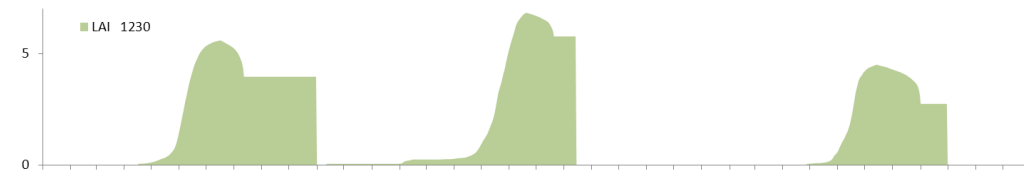


2/ Effet d'une mesure : modification des successions culturales

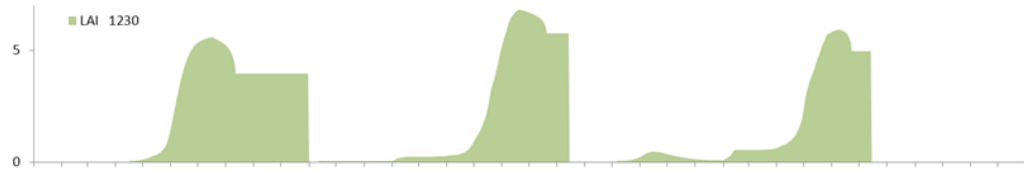


LAI
(Indice de
surface foliaire)

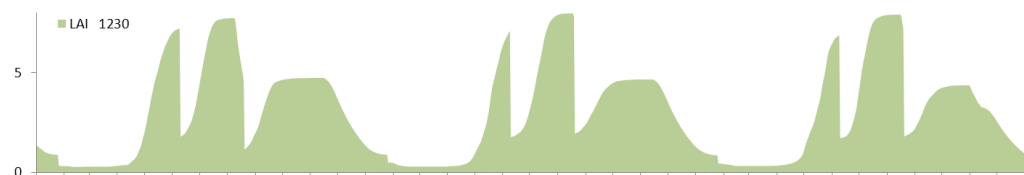
*Betterave-Froment-
Pomme de terre*



*Betterave-Froment-
Escourgeon*

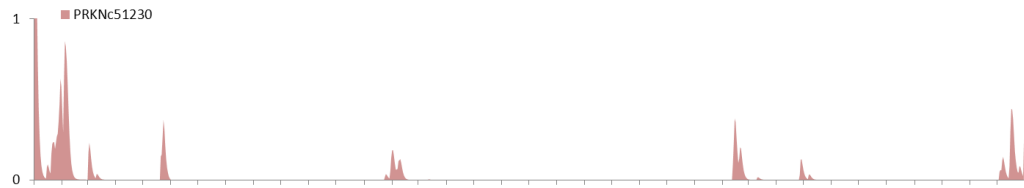


Prairie de fauche

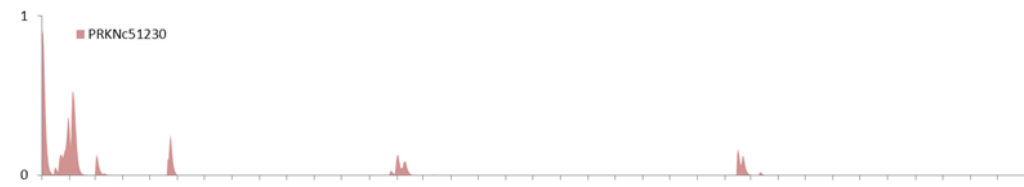


Perte d'azote à la
base de la zone
racinaire (kg N/ha)

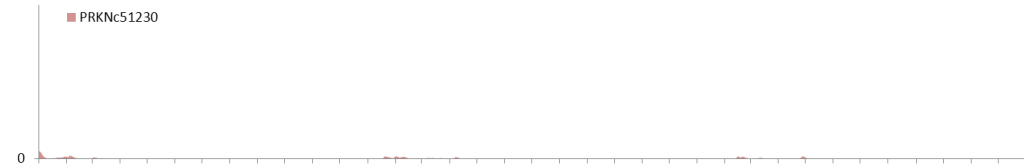
*Betterave-Froment-
Pomme de terre*



*Betterave-Froment-
Escourgeon*



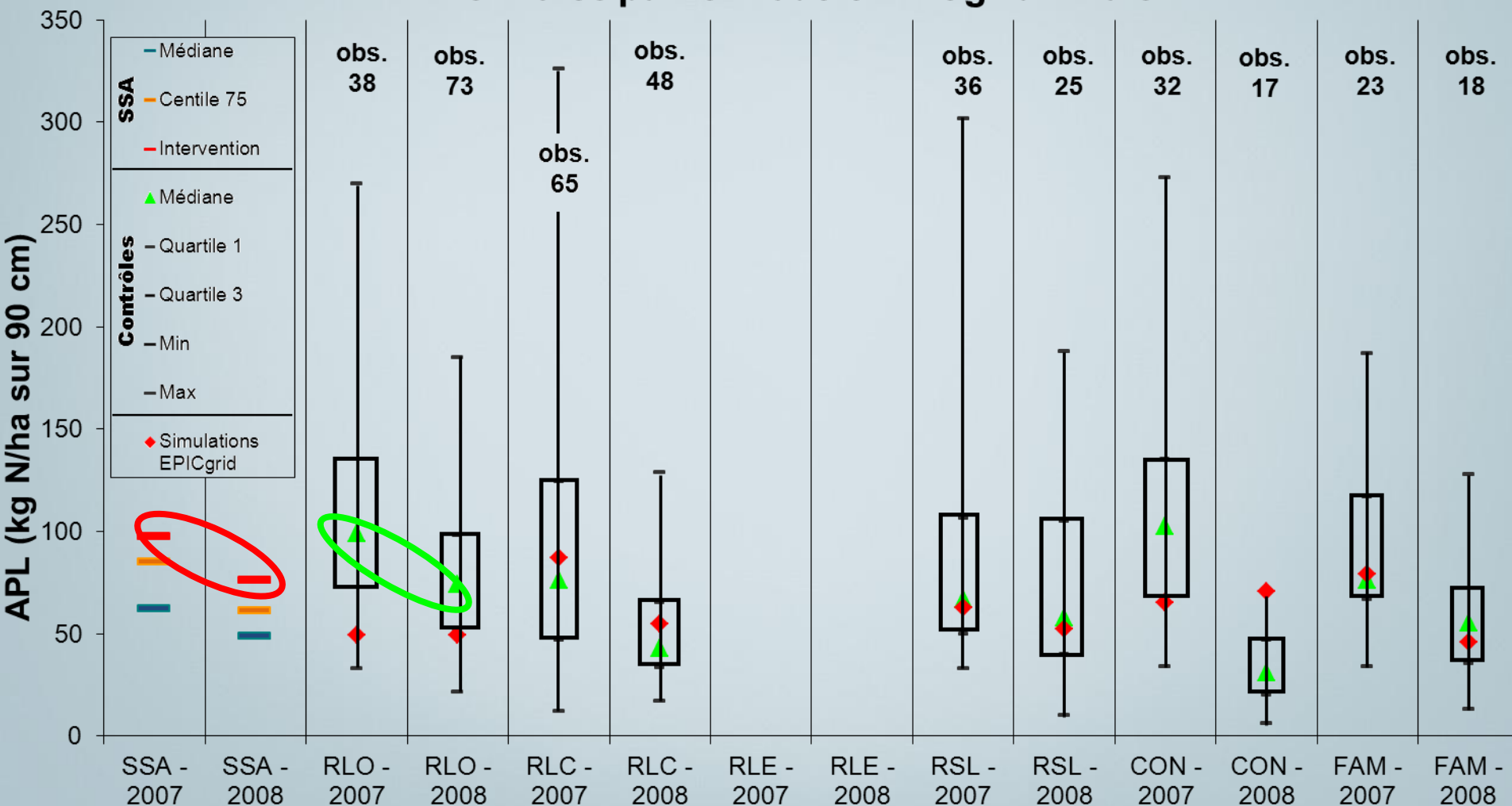
Prairie de fauche



2/ Validation des stocks estimés



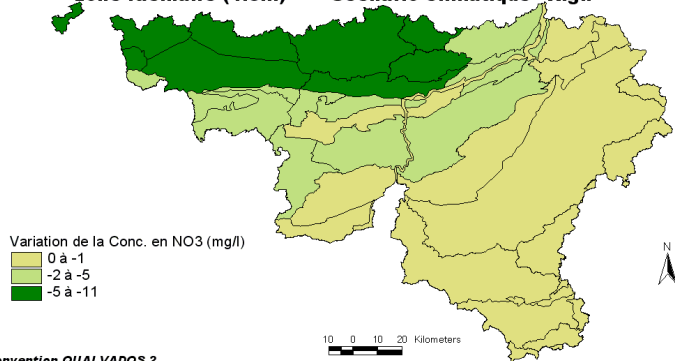
Comparaison entre APL mesurés (SSA et contrôles APL) et simulés par le modèle EPICgrid - Maïs



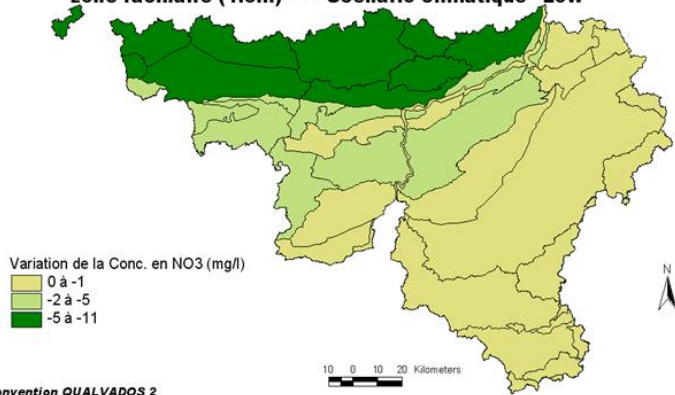
3/ Quantification de l'ensemble des mesures prises : effet du PGDA et des MAE



Modèle EPICgrid - Evaluation de l'impact du PGDA2 et de la MAE 4 * sur la concentration en nitrate des eaux de lessivage à la base de la zone racinaire (1.5m) ** - Scénario climatique "High"

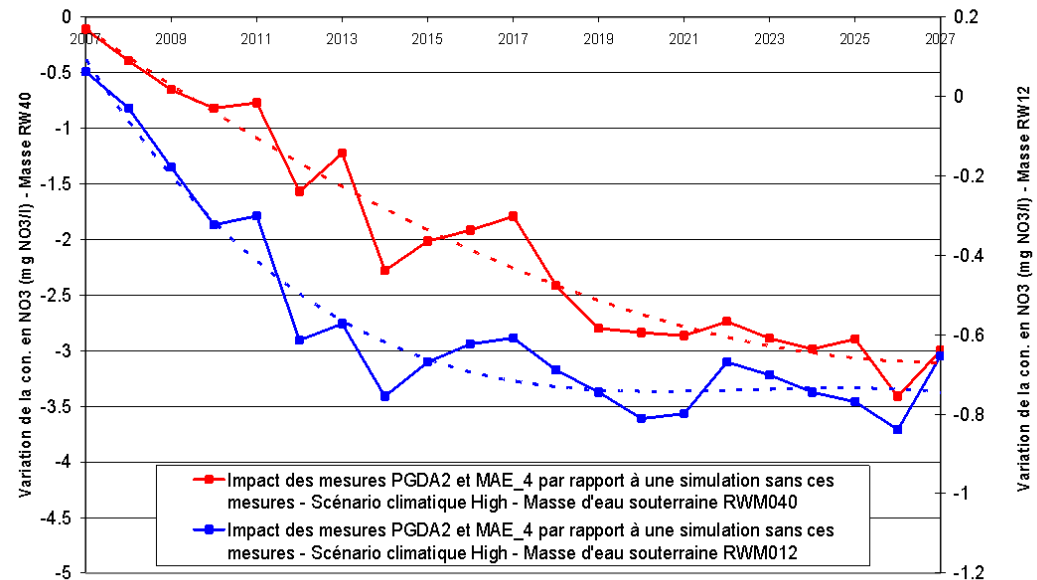


Modèle EPICgrid - Evaluation de l'impact du PGDA2 et de la MAE 4 * sur la concentration en nitrate des eaux de lessivage à la base de la zone racinaire (1.5m) ** - Scénario climatique "Low"



Effet d'un ensemble de mesures réglementaires et du contexte sol – zone vadose – approche par masse d'eau souterraine

Modèle EPICgrid - Influence des temps de transfert du nitrate dans la zone vadose sur la répercussion d'une modification de pratiques agricoles sur la concentration en nitrate au voisinage de la nappe de base



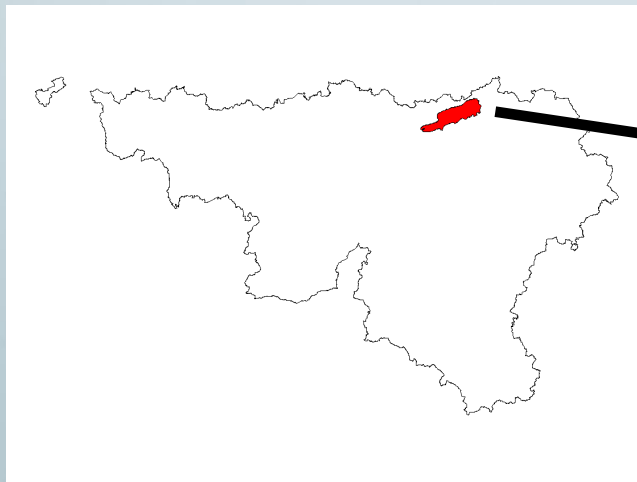
4/ Scénarios de gestion

➤ Exemple d'application : Zone de prévention des captages de Hesbaye

- **Objectif :** évaluer l'impact de scénarios de pratiques agricoles sur la qualité des eaux d'une zone de protection de captage

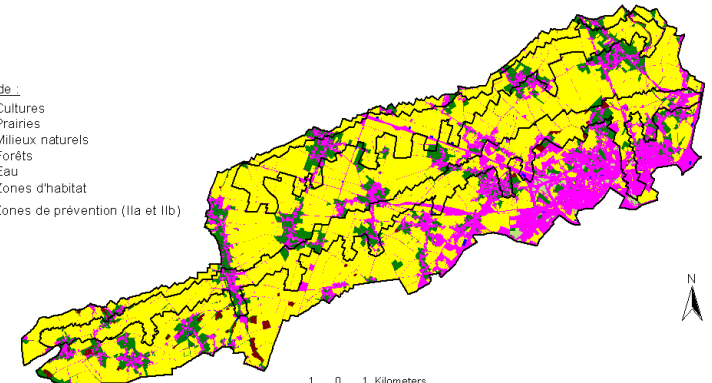
- **Application locale avec :**

- bases de données plus précises (Erruissol, ...)
- maille de 250m x 250 m



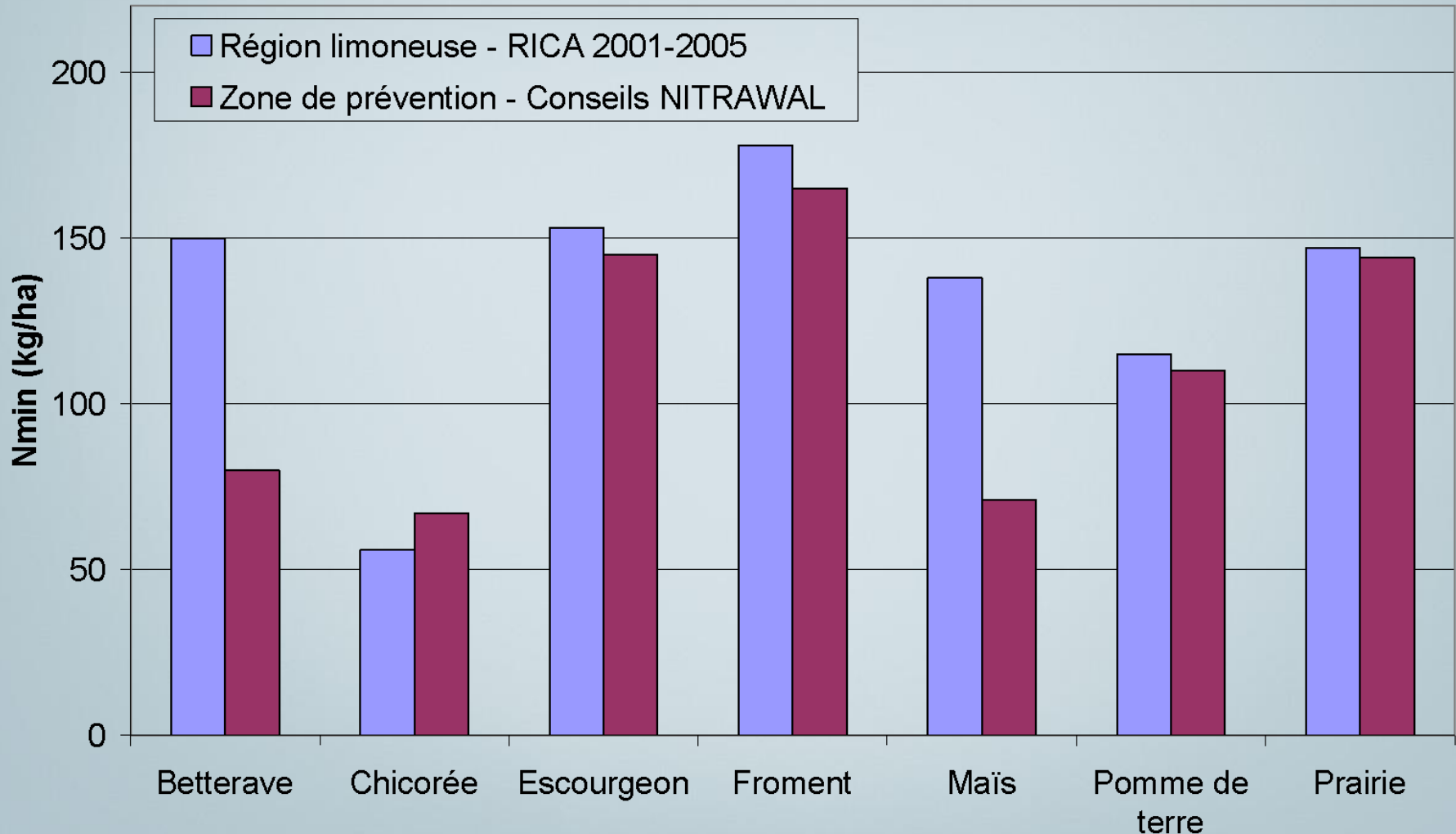
**Modèle EPICgrid - Carte des classes hydrologiques d'occupation du sol
(Source : CNOSW) - Zones de prévention des galeries de Hesbaye**

Légende :
Cultures
Prairies
Milieux naturels
Forêts
Eau
Zones d'habitat
Zones de prévention (Ila et Iib)

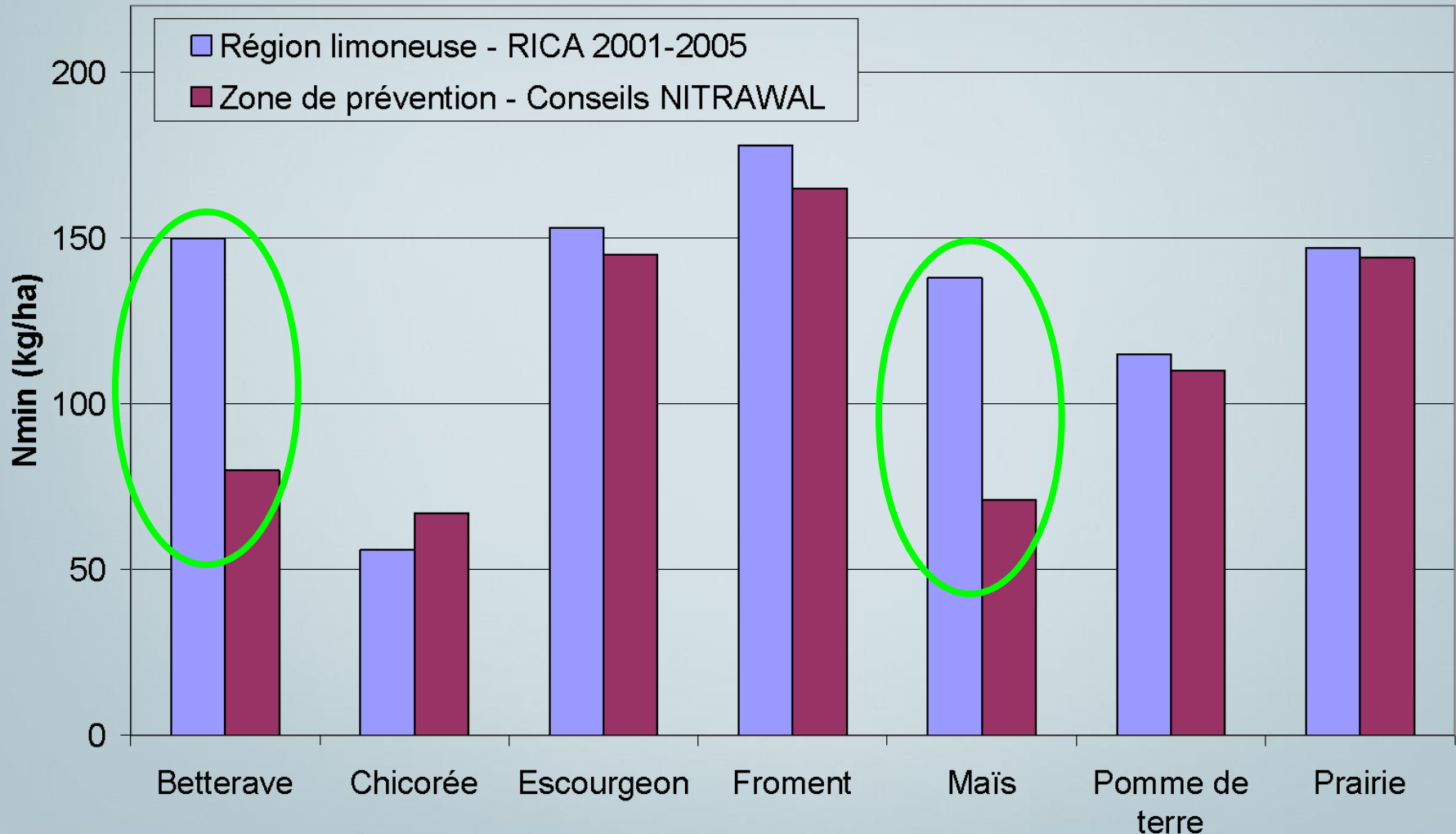


Convention QUALVADOS 2

4/ Scénario de gestion : Raffinement des pratiques à l'échelle subrégionale



4/ Scénario de gestion : Raffinement des pratiques à l'échelle subrégionale



4/ Scénario de gestion : Raffinement des pratiques à l'échelle subrégionale



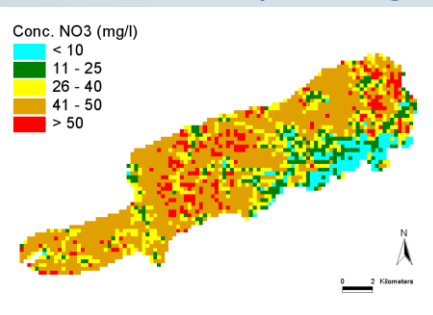
Importance
des pratiques
agricoles

≠
20 %

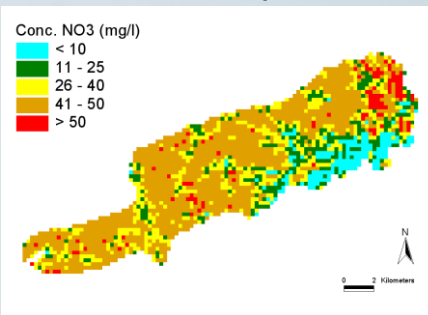


Base de données « pratiques agricoles régionales »

Scénario climatique « High »

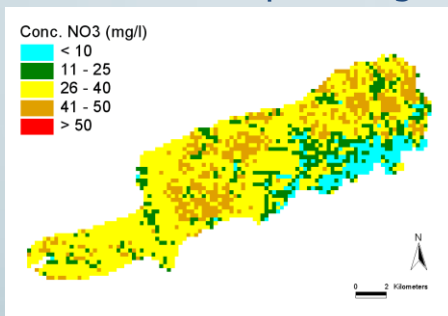


Scénario climatique « Low »

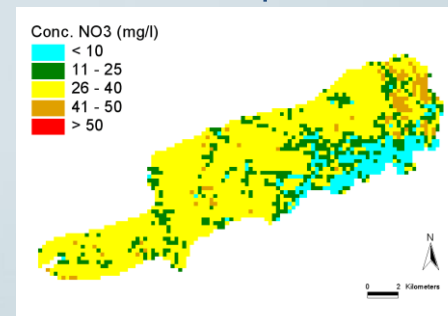


Base de données « pratiques agricoles locales »

Scénario climatique « High »



Scénario climatique « Low »



**Horizon
2016-2027**

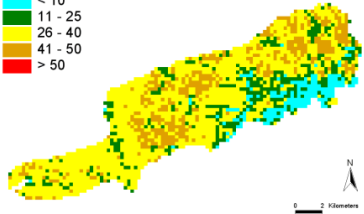
4/ Scénarios de gestion multiples



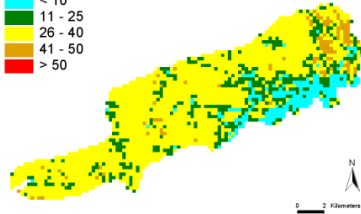
Référence

Scénario climatique « High » Scénario climatique « Low »

Conc. NO₃ (mg/l)
 < 10
 11 - 25
 26 - 40
 41 - 50
 > 50



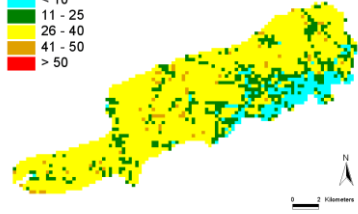
Conc. NO₃ (mg/l)
 < 10
 11 - 25
 26 - 40
 41 - 50
 > 50



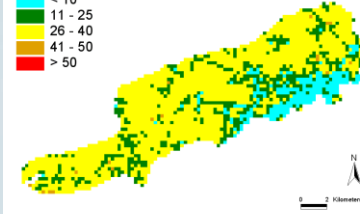
Scénario « 2/3 céréales »

Scénario climatique « High » Scénario climatique « Low »

Conc. NO₃ (mg/l)
 < 10
 11 - 25
 26 - 40
 41 - 50
 > 50



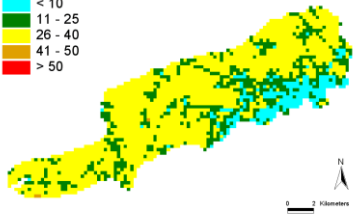
Conc. NO₃ (mg/l)
 < 10
 11 - 25
 26 - 40
 41 - 50
 > 50



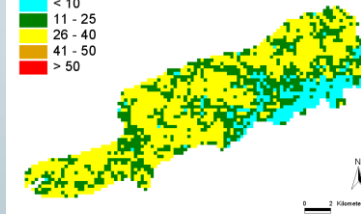
Scénario « -30 kg Nmin »

Scénario climatique « High » Scénario climatique « Low »

Conc. NO₃ (mg/l)
 < 10
 11 - 25
 26 - 40
 41 - 50
 > 50



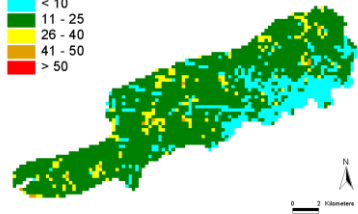
Conc. NO₃ (mg/l)
 < 10
 11 - 25
 26 - 40
 41 - 50
 > 50



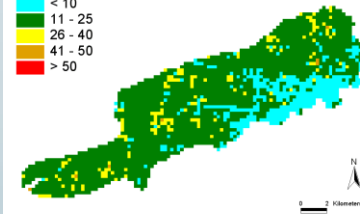
Scénario « Prairie de fauche »

Scénario climatique « High » Scénario climatique « Low »

Conc. NO₃ (mg/l)
 < 10
 11 - 25
 26 - 40
 41 - 50
 > 50



Conc. NO₃ (mg/l)
 < 10
 11 - 25
 26 - 40
 41 - 50
 > 50



4/ Scénarios de gestion multiples



Scénario climatique "High"

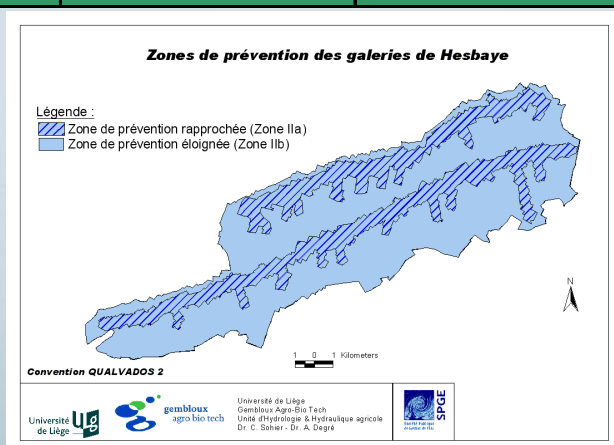
Zone a	Référence			
Zone b	Base de données "zone de prévention"	Scénario "2/3 céréales"	Scénario "-30 kg Nmin"	Scénario "Prairie de fauche"
Référence				
Scénario "2/3 céréales"				
Scénario "-30 kg Nmin"				
Scénario "Prairie de fauche"				

Conc. NO3 (mg/l)



Scénario climatique "Low"

Zone a	Référence			
Zone b	Base de données "zone de prévention"	Scénario "2/3 céréales"	Scénario "-30 kg Nmin"	Scénario "Prairie de fauche"
Référence				
Scénario "2/3 céréales"				
Scénario "-30 kg Nmin"				
Scénario "Prairie de fauche"				



Conclusions



➤ Le cycle de l'eau et le cycle de l'azote dans le sol sont complexes et dépendent du contexte agro-pédologique, des pratiques agricoles et de la météo

*La **modélisation hydrologique** permet de **synthétiser ces interactions complexes**.
A l'échelle régionale, elle rend compte de la **variabilité spatiale** de tous les facteurs déterminants*

➤ Le modèle permet de tester – seules ou en combinaison – des mesures de gestion au niveau régional ou dans des zones stratégiques.

*Il y a des **solutions théoriques** pour réduire les pertes diffuses d'azote d'origine agricole vers les eaux de surface et souterraines.*

*Par rapport aux législations en place, les résultats observés permettent de détecter des **mauvaises pratiques résiduelles** dans certaines régions agricoles.*

Conclusions



- La qualité de la recharge dépend également du transfert entre le sol et la nappe

*La modélisation hydrologique permet de représenter le transfert dans la zone insaturée du sous-sol et d'estimer la **dette nitrate** de façon distribuée et le temps nécessaire à la résorber, une fois les mesures adéquates mises en place en surface*

- Le modèle peut ainsi produire les données d'entrée nécessaires aux modèles eaux souterraines

Merci de votre attention



*Réalisé avec le soutien financier de la
SPGE et du SPW*

Aurore Degré et Catherine Sohier
Systèmes Sol – Eau

Ulg - Gembloux Agro-Bio Tech

Aurore.degre@ulg.ac.be catherine.sohier@ulg.ac.be

<http://www.gembloux.ulg.ac.be/ha>

Publications et rapports <http://www.orbi.ulg.ac.be>